

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

PCT/KR 99/00174

13.4.1999.

09/623516

REC'D 29 APR 1999

WIPO PCT

대한민국 특허청

KOREAN INDUSTRIAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Industrial
Property Office.

출원번호 : 1998년 특허출원 제13970호
Application Number

출원년월일 : 1998년 4월 13일
Date of Application

출원인 : 한국과학기술연구원
Applicant(s)

1999년 4월 20일

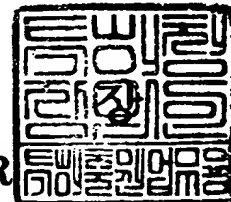


특

허

청

COMMISSIONER



특허출원서

【출원번호】 98-013970

【출원일자】 1998/04/13

【국제특허분류】 G00K 9/36

【발명의 국문명칭】 정합 화소 수를 이용한 유사도 측정 방법 및 이를 구현하기 위한 장치

【발명의 영문명칭】 Method for Measuring Similarity by Using a Matching Pixel Count and Apparatus for Implementing the Same

【출원인】

【국문명칭】 한국과학기술연구원

【영문명칭】 Korea Institute of Science and Technology

【대표자】 박원훈

【출원인코드】 37500048

【출원인구분】 각급 시험 연구기관

【우편번호】 136-791

【주소】 서울특별시 성북구 하월곡동 39-1

【국적】 KR

【대리인】

【성명】 주성민

【대리인코드】 K182

【전화번호】 02-764-8855

【우편번호】 110-350

【주소】 서울특별시 종로구 운니동 114-31, 서울빌딩

【대리인】

【성명】 장수길

【대리인코드】 K010

【전화번호】 02-764-8855

【우편번호】 110-350

【주소】 서울특별시 종로구 운니동 114-31, 서울빌딩

【발명자】

【국문성명】 김형곤

【영문성명】 KIM, Hyung Gon

【주민등록번호】 520405-1621622

【우편번호】 137-070

【주소】 서울특별시 서초구 서초동 1332 서초 우성 아파트 12-202

【국적】 KR

【발명자】

【국문성명】 안상철

【영문성명】 AN, Sang Cheol

【주민등록번호】 660217-1047711

【우편번호】 150-040

【주소】 서울특별시 영등포구 당산동 유원 아파트 204-805

【국적】 KR

【출명자】

【국문성명】 김남규

【영문성명】 KIM, Nam Kyu

【주민등록번호】 710424-1573519

【우편번호】 139-785

【주소】 서울특별시 노원구 중계2동 시영아파트 107-302

【국적】 KR

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다.

대리인

주성민 (인)

대리인

장수길 (인)

【심사청구】 특허법 제60조의 규정에 의하여 위와 같이 출원심사를 청구합니다.

대리인

주성민 (인)

대리인

장수길 (인)

【수신처】 특허청장 귀하

【수수료】

【기본출원료】 20 면

29,000 원

【가산출원료】 9 면

9,000 원

【우선권주장료】 0 건

0 원

【심사청구료】 1 항

141,000 원

【합계】 179,000 원

【첨부서류】 1. 요약서, 명세서(및 도면) 각 1통

2. 출원서 부분, 요약서, 명세서(및 도면)을 포함하는 FD부분 1통

3. 위임장(및 동 번역문) 추후제출

【요약서】

【요약】

본 발명은 유사도 측정 방법과 이를 효율적으로 구현하기 위한 장치에 관한 것으로, 특히 정합의 정확도를 향상시키기 위해 정합 화소 수를 사용하는 유사도 측정 방법과 이를 효율적으로 구현하기 위해 중복 계산이 제거된 고속의 스테레오 변위 추출 장치에 관한 것이다. 본 발명의 하나의 특징에 따르면 기준 영상의 한 점을 중심으로 하는 일정한 크기의 제1 정합창 및 상기 기준 영상의 한 점에 대하여 에피폴라 구속 조건을 만족하는 탐색 영상의 다른 한 점을 중심으로 하고 상기 제1 정합창과 동일한 크기를 갖는 제2 정합창 각각의 전체 화소들에 대하여 서로 대응하는 위치에 있는 상기 제1 정합창의 화소와 상기 제2 정합창의 화소 간의 밝기값의 차이가 소정의 임계값 이하인 화소들의 수를 카운트하여 유사도를 측정하는 유사도 측정 방법이 개시되어 있다. 본 발명의 다른 하나의 특징에 따르면 상기와 같은 방식으로 유사도를 측정하여 스테레오 변위를 추출하는 방법이 개시되어 있다.

【대표도】

도 5

【명세서】

【발명의 명칭】

정합 화소 수를 이용한 유사도 측정 방법 및 이를 구현하기 위한 장치

【도면의 간단한 설명】

도 1은 에피플라 구속 조건의 영역 기반 대응점 탐색의 개념을 도시하는 도면.

도 2a는 SAD와 MPC 유사도 측정 방법의 성능 비교를 도시하는 도면.

도 2b는 무작위점 스테레오 영상에 대한 SAD, NCC 및 MPC 유사도 측정 방법의 성능 비교를 도시하는 도면.

도 3a는 영역 기반 MPC 유사도 측정 방법에 내재된 수평 방향의 중복 연산을 도시하는 도면.

도 3b는 영역 기반 MPC 유사도 측정 방법에 내재된 수직 방향의 중복 연산을 도시하는 도면.

도 4a는 단위 V 버퍼에 의하여 수직선간 중복 계산이 제거된 MPC 유사도 측정 방법을 도시하기 위한 도면.

도 4b는 MPC 버퍼에 의하여 정합 창간 중복 계산이 제거된 MPC 유사도 측정 방법을 도시하기 위한 도면.

도 5는 중복 계산이 제거된 MPC 스테레오 변위 추출을 위한 MPC 정합 알고리즘의 흐름도.

도 6은 MPC 스테레오 변위 추출을 위한 하드웨어 구조를 나타내는 도면.

도 7a는 P-버퍼의 구조를 나타내는 도면.

도 7b는 V-버퍼의 구조를 나타내는 도면.

도 8a는 P-유니트의 구조를 나타내는 도면.

도 8b는 D_P 유니트의 회로도.

도 9는 MPC-유니트의 구성을 나타내는 도면.

도 10은 MPC-유니트의 논리 회로도.

도 11은 Max_MPC 선택부의 구성을 나타내는 도면.

도 12는 C&A(n) 셀의 논리 회로도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

100: P-버퍼

210: P-유니트

220: MPC-유니트

230: Max_MPC 선택부

300: V-버퍼

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

본 발명은 유사도 측정 방법과 이를 효율적으로 구현하기 위한 장치에 관한 것으로, 특히 정합의 정확도를 향상시키기 위해 정합 화소 수를 사용하는 유사도 측정 방법과 이를 효율적으로 구현하기 위해 중복 계산이 제거된 고속의 스테레오

변위 추출 장치에 관한 것이다.

스테레오 변위 추출은 3차원 영상 정보를 구하기 위해 스테레오 비전에서 많은 연구가 진행되고 있는 분야이다. 스테레오 변위는 좌우 영상에 해당하는 기준 영상과 탐색 영상에서 공간 상의 한점에 대한 대응점의 좌표 차를 말하며, 이를 구하기 위해서는 대응점의 좌표를 알아야 한다. 기준 영상의 임의의 점에 해당하는 대응점을 탐색 영상에서 찾기 위해 일반적으로 사용되는 영역 기반 방법에서는 기준 영상의 화소를 중심으로 일정한 크기의 창 내의 화소들과 대응점이라고 간주되어지는 탐색 영상의 화소들을 중심으로 하는 같은 크기의 창 내의 화소들 간의 유사도를 계산하여 가장 유사도가 큰 값을 갖는 화소를 대응점이라고 규정한다. 이때, 기준 영상의 매 화소에 대해 탐색 범위 내의 모든 후보 대응점에 대해 유사도를 구하여야 하며, 일반적으로 에피플라 구속 조건이라 불리는 카메라의 적절한 배치를 통하여 대응점이 존재할 수 있는 위치를 동일 수평선 상에 제한함으로써 탐색 성능을 향상시킨다. 도 1은 에피플라 구속 조건의 영역 기반 대응점 탐색의 개념을 도시하는 도면이다. 에피플라 구속 조건의 영역 기반 대응점 탐색은 기준 영상의 별표 화소의 대응점을 탐색 영상에서 찾기 위해 도면의 별표 화소를 중심으로 한 정합창이라고 불리는 정사각형 모양의 화소 영역과 동일 수평선 상에서 오른쪽으로 탐색 범위만큼 정합창을 이동시키면서 각 창 간의 유사도를 구하는 것으로서, 유사도가 가장 큰 화소가 대응점이 되며 이의 이동 거리 d 가 스테레오 변위 정보가 된다.

스테레오 정합을 위한 유사도를 계산하는 방법에는 화소 간의 밝기차를 보는

SSD (Sum of Squared Distance) 및 SAD (Sum of Absolute Distance) 방법과 상관 관계를 보는 NCC (Normalized Correlation Coefficient) 방법 등이 있다. SSD, SAD, NCC 등의 유사도 측정 방법은 정합창 내에서 한 화소가 유사도에 미치는 영향이 화소의 밝기값에 따라 다르기 때문에 화소 간의 밝기 변화가 큰 영역의 변위 경계선이 밝기 변화가 작은 영역으로 연장되는 현상이 생기고, 이 때문에 물체의 경계 부분에서 잘못된 결과를 나타낸다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

본 발명의 목적은 화소 간의 밝기값을 직접 이용하지 않고 정합창 내에서 밝기가 비슷한 화소의 개수를 사용하는 유사도 측정 방법과 이를 효율적으로 구현하기 위한 스테레오 변위 추출 장치를 제공하는 것이다. 본 발명의 다른 하나의 목적은 스테레오 비전 분야에서 널리 이용되는 영역 기반 스테레오 변위를 실시간으로 처리하는 것을 가능하게 하는 하드웨어 구조를 효율적으로 구현하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

이후 제안된 방법을 MPC (Matching Pixel Count) 유사도 측정 방법이라 한다. MPC 유사도 측정 방법은 한 화소가 유사도에 미치는 영향을 밝기값에 관계없이 동일하게 함으로써 경계 부분에서도 좋은 결과를 얻을 수 있다. 에피폴라 구속 조건을 만족하는 우, 좌 영상의 두점 $R(x, y)$ 와, $L(x+d, y)$ 를 중심으로 하는 정합창 내에서 밝기가 비슷한 화소의 수를 나타내는 $MPC(x, y, d)$ 값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

【수학식 1】

$$MPC(x, y, d) = \sum_w P(x, y, d)$$

$$P(x, y, d) = \begin{cases} |B_R(x, y) - B_L(x+d, y)| \leq Th \text{ 이면, } 1 \\ \text{아닌 경우는, } 0 \end{cases}$$

이 때, $B_R(x, y)$ 및 $B_L(x+d, y)$ 는 각각 우 영상의 위치 $R(x, y)$ 및 좌 영상의 위치 $L(x+d, y)$ 에서의 화소의 밝기값을 나타내고, W 는 우 영상의 위치 $R(x, y)$ 와 이에 대응하는 좌 영상의 위치 $L(x+d, y)$ 를 중심으로 하는 $(W_x \times W_y)$ 크기의 화소 영역인 정합창을 나타낸다. $P(x, y, d)$ 는 우, 좌 영상에서 각각의 위치 $R(x, y)$, $L(x+d, y)$ 에 대해 화소 밝기가 비슷하면 1, 비슷하지 않으면 0의 값을 갖고, Th 는 미리 정의된 문턱값이다. 우 영상 $R(x, y)$ 위치의 화소에 대한 변위값은 모든 탐색 범위 d ($d=0 \sim S_r$)에 대해 $MPC(x, y, d)$ 를 구한 후 이 값이 최대가 되는 d 값이 된다.

도 2a 및 2b는 유사도 측정 방법에 따른 성능 비교 결과를 나타내는 도면이다. 도 2a는 실제 수치를 이용하여 SAD 유사도 측정 방법과 MPC 유사도 측정 방법의 성능을 직접 비교해 본 도면이다. SAD 유사도 측정 방법을 이용하는 경우 잘못된 정합을 나타내었으나 제안된 MPC 유사도 측정 방법을 사용하는 경우 정확한 정합 결과를 얻음을 볼 수 있다. 도 2b는 변위 영상이 2단 웨딩 케이크 모양이 되는 무작위점(random dot) 스테레오 영상에 대해 SAD, NCC 및 MPC 유사도 측정 방법을 실제 적용한 결과에 따른 성능 비교를 도시하는 도면이다. 제안된 MPC 유사도 측정 방법을 사용하는 경우 물체의 경계면에서도 정확한 정합 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이 두가지 실험 결과는 MPC 유사도 측정 방법의 성능이 우수함을 잘 나타낸다.

도 3a 및 3b는 영역 기반 MPC 유사도 측정 방법에 내재된 중복 연산을 도시하는 도면이다. 에피폴라 구속 조건이 만족되는 경우 기준 영상의 모든 화소에 대해 MPC 정합을 하기 위해서는 $(I_x \times I_y) \times (W_x \times W_y) \times S_r$ 에 비례하는 방대한 계산량이 필요하다. 여기서 $(I_x \times I_y)$ 는 영상의 크기, $(W_x \times W_y)$ 는 창 크기, S_r 은 탐색 범위를 나타낸다. 또한 W_x, W_y 는 홀수값을 갖는다. 이처럼 많은 계산량이 필요한 이유는 영역 기반 방법에 내재되어 있는 중복 계산에 기인한 것이며, 이를 도 3a 및 3b에 나타내었다. 기준 영상과 탐색 영상의 두 점 $R(x, y)$ 와 $L(x+d, y)$ 의 유사도가 계산되었다면 $R(x+1, y)$ 와 $L(x+1+d, y)$ 의 유사도를 계산할 때 도 3a에서 수평 방향으로 정합창이 중복되는 빗금친 부분만큼 중복 계산을 하고 있는 것을 볼 수 있다. 또한 $R(x, y+1)$ 과 $L(x+d, y+1)$ 의 유사도를 계산할 때 수직 방향으로 중복되는 정합창만큼 중복 계산을 하고 있는 것을 도 3b에서 볼 수 있다.

이러한 많은 양의 중복 계산은 버퍼를 사용하여 이전에 연산된 결과를 효과적으로 사용함으로써 제거할 수 있고, 전체 계산량을 창 크기에 영향을 받지 않는 $(I_x \times I_y) \times S_r$ 에 비례하는 양으로 줄일 수 있다.

도 4a 및 4b는 중복 계산을 효과적으로 제거한 MPC 유사도 측정 방법을 기준 영상에 대한 그림으로만 나타낸 것이다. $V(x, y, d)$ 가 $R(x, y)$ 및 $L(x+d, y)$ 를 중심으로 한 정합창의 높이에 해당하는 W_y 크기의 수직선 간의 정합을 나타내고 $MPC(x, y, d)$ 는 $R(x, y)$ 및 $L(x+d, y)$ 를 중심으로 한 창 간의 정합을 나타낸다면 중복 계산을 제거한 MPC 유사도 측정 방법은 다음과 같이 표시할 수 있다.

【수학식 2】

$$wx = \frac{W_x - 1}{2}, \quad wy = \frac{W_y - 1}{2}$$

【수학식 3】

$$V(x, wy, d) = \sum_{i=-wy}^{wy} P(x, wy+i, d)$$

【수학식 4】

$$MPC(wx, y, d) = \sum_{i=-wx}^{wx} V(wx+i, y, d)$$

【수학식 5】

$$\begin{aligned} & MPC(x, y, d) \\ &= MPC(x-1, y, d) + V(x+wx, y, d) - V(x-1-wx, y, d) \end{aligned}$$

【수학식 6】

$$\begin{aligned} & V(x, y, d) \\ &= V(x, y-1, d) + P(x, y+wy, d) - P(x, y-1-wy, d) \end{aligned}$$

수학식 2에서의 w_x 및 w_y 는 창 중심으로부터의 창 수평 거리 및 수직 거리를 나타낸다.

수학식 3에 나타난 $V(x, wy, d)$ 는 기준 영상의 w_y 번째 행에 있는 화소 좌표 $R(x, wy)$ 와 탐색 영상의 화소 좌표 $L(x+d, wy)$ 를 중심으로 하는 수직선 간의 정합을 나타내며, 영상에 대해 스테레오 정합을 시작할 때 모든 x 와 d 값, 즉 $x=0 \sim I_x-1$, $d=0 \sim S_r$ 에 대해 먼저 구한 후 $I_x \times (S_r+1)$ 크기의 V 버퍼에 저장한다. 즉,



각각의 x 값에 대해서 탐색 범위 만큼의 V 값인 $V(x, wy, 0), V(x, wy, 1), V(x, wy, 2), \dots, V(x, wy, Sr)$ 을 구하여 V 버퍼에 저장한다. 이 때, $P(x, wy+1, d)$ 는 수학적 식 1에서와 같이 두 영상의 좌표 $R(x, wy+1)$ 및 $L(x+d, wy+1)$ 에서의 화소 밝기가 비슷하면 1, 그렇지 않으면 0의 값을 갖는다.

수학적 식 4에 나타낸 $MPC(wx, y, d)$ 는 기준 영상의 wx 번째 열의 화소인 $R(wx, y)$ 와 탐색 영상의 화소 좌표 $L(wx+d, y)$ 를 중심으로 하는 정합창 간의 정합을 나타내며, 수직선 간의 정합 $V(wx+i, y, d)$ 를 $i=-wx$ 부터 wx 까지 누적하여 MPC 버퍼에 저장함으로써 초기화된다. 이 연산은 wx 번째 열의 화소에 대해 항상 수행한다.

수학적 식 5에서 나타낸 것과 같이 $wx+1$ 번째 열부터의 창 간의 정합인 $MPC(x, y, d)$ 는 MPC 버퍼에 저장되어 있던 이전 열의 창 간의 정합 $MPC(x-1, y, d)$ 에서 새로운 수직선 간의 정합 $V(x+wx, y, d)$ 를 더하고 창에서 제외되는 수직선 간의 정합 $V(x-1-wx, y, d)$ 를 빼 줌으로써 계산될 수 있다. 이러한 방법을 도 4b에 나타내었다.

이때, $wy+1$ 번째 행의 화소부터는 수학적 식 6에서 나타낸 것과 같이 수직 방향의 중복 연산 없이 구할 수 있다. 즉, (x, y) 좌표의 화소를 중심으로 하는 수직선간의 정합인 $V(x, y, d)$ 는 도 4a에 도시된 바와 같이 V 버퍼에 저장된 이전 행의 수직선간의 정합 $V(x, y-1, d)$ 에 새로 첨가될 화소간의 정합 $P(x, y+wy, d)$ 를 더하고 제외되는 화소간의 정합 $P(x, y-1-wy, d)$ 를 빼줌으로써 수직 방향의 중복 연산 없이 구할 수 있다.

이상의 두 버퍼를 이용하면 첫 행의 화소를 중심으로 하는 수직선간의 정합

과 첫 열의 화소를 중심으로 하는 창간의 정합만 저장이 되면 창간의 정합은 창의 크기에 관계없이 수학적 5와 수학적 6의 연산에 의해 중복 연산 없이 구할 수 있다. 수학적 2, 3, 4 및 5에서 보듯이 모든 화소의 탐색 변위가 동일해야만 중복 계산이 제거된 MPC 유사도 측정 방법을 사용할 수 있다. 기준 영상의 (x, y) 위치에서의 변위는 탐색 범위 내에 있는 탐색 영상의 각각의 화소에 대한 MPC 정합 결과 중 최대값을 갖는 화소의 좌표 $(x+d_{\max}, y)$ 와 x 좌표차 d_{\max} 가 된다.

도 5에 이상에서 설명한 중복 계산이 제거된 MPC 스테레오 변위 추출을 위한 MPC 정합 알고리즘의 흐름도를 도시하고 있다. 이 알고리즘의 입력으로 주어지는 것은 기준 영상 $R(x, y)$ 및 탐색 영상 $L(x, y)$ (여기서, $x=0 \sim I_x-1$, $y=0 \sim I_y-1$)와 정합창의 크기를 나타내는 W_x 및 W_y (여기서, W_x 및 W_y 는 홀수), 그리고 탐색 범위 S_r 등이 있다. 또한, 출력은 찾고자 하는 변위 $DM(x, y)$ (여기서, $x=w_x \sim I_x-w_x$, $y=w_y \sim I_y-w_y$)이다. 도 5에서는 ①에서 이를 나타내고 초기화하도록 하고 있다. ②에서는 각각의 d (여기서, $d=0 \sim S_r$)에 대해서 초기 $x=0 \sim I_x-1$, $y=0 \sim W_y-1$ 의 $v(x, y, d)$ 를 구해놓는다. 이는 중복 연산을 제거하여 MPC를 계산하는데 필요한 초기 $V(x, y, d)$ 값이다. ③에서는 $x=w_x$ 일 때만 저장되어 있는 $V(x, y, d)$ 를 $x=0 \sim W_x-1$ 동안 더해서 MPC를 구하고, 그 외에는 중복 계산을 없애고 $V(x, y+1, d)$ 를 갱신하는 것을 보여주고 있다. ④에서는 이렇게 계산된 각 d 에 대한 MPC 중에서 최대의 값을 고르고 그때의 d 를 기준 영상 (x, y) 지점에서의 스테레오 변위로 갱신한다. 이러한 ③, ④ 과정은 $x=w_x \sim I_x-w_x$, $y=w_y \sim I_y-w_y$ 동안 계속된다. 따라서, 이 알고리즘이 끝나게 되면 결과로 변위 지도 $DM(x, y)$ (여기서, $x=w_x \sim I_x-w_x$, $y=w_y \sim I_y-w_y$)

ly-wy)가 얻어지게 되는 것이다.

도 6은 MPC 스테레오 변위 추출을 위한 하드웨어의 구조를 나타내는 도면이다. 하드웨어의 구조는 크게 나누어 P-버퍼(100), MPC-프로세서(200) 및 V-버퍼(300)로 구성된다. 좌 영상 및 우 영상의 화소값들이 이 하드웨어의 입력으로 들어가고, MPC를 계산하기 위한 문턱값 Th도 입력으로 주어진다. 출력으로는 우 영상의 좌표 (x, y)에서의 최대 MPC(x, y, d) (=MaxV)와 그 때의 변위 d (=DM(x, y))이 나오게 된다. 이 외에 이 하드웨어 동작의 기준이 되는 클록과 HSync 및 VSync 신호들이 입력되게 된다. 도 6은 또한 P-유닛(210), MPC-유닛(220), Max_MPC 선택부(230) 및 제어 유닛(240)의 네 부분으로 구성되는 MPC-프로세서(200)의 구조를 보여주고 있다. MPC-프로세서(200)에는 MPC-유닛(220)가 (Sr+1)(=64)개 있어서 정합 탐색 범위에 대해서 병렬로 처리하고 있다는 것을 알 수 있다. 전체적으로 보면 영상의 화소값들이 MPC-프로세서(200)의 P-유닛(210)로 입력되어 수학적 식 1에 나타낸 P(x, y, d)를 계산하게 된다. P-유닛(210)에서는 기준 영상 R(x, y)와 탐색 영상 L(x, y)을 받아서 병렬로 (Sr+1)개의 P(x, y, d) (여기서, d=0~Sr) 값을 계산한다. 이렇게 계산된 값은 다음 연산을 위해 P-버퍼(100)에 저장된다. 이렇게 저장된 P(x, y, d) 값은 다시 (Sr+1)개의 MPC-유닛(220)으로 입력되어 MPC(x, y, d)를 계산하게 된다. 이 때, V(x, y, d)를 V-버퍼(300)에 저장한다. MPC-유닛(220)에서는 각 변위(d) 별로 P-버퍼(100)에서 Pv(d)를 받아서 V(x, y, y)를 생성하고, V-버퍼(300)로 부터는 기존에 저장되어 있던 V(x, y, d)를 받아서 각 변위에 대한 MPC값들은 Max_MPC 선택부(230)에 입력된다. Max_MPC 선택부(230)

에서는 변위 $0 \sim 63 (=S_r)$ 에 대해서 나온 MPC값을 비교하여 제일 큰 값을 선택하고, 그 때의 변위를 $DM(x, y)$ 에 출력한다. 도면에서는 정합창의 크기를 $7 \times 7 (=W_x \times W_y)$ 로 하고 탐색 영역의 크기 S_r 을 63으로 하여 설계된 하드웨어를 보이고 있다.

도 7a에서는 P-버퍼의 구조를 보여주고 있다. P-버퍼는 MPC-프로세서(200)의 P-유닛(210)에서 계산한 $P(x, y, d)$ 값을 저장하고 적절한 시기에 다시 MPC-프로세서에 있는 (S_r+1) 개의 MPC-유닛(220)으로 제공하는 역할을 하며, (S_r+1) 개의 병렬 $(I_x \times W_y)$ 비트 쉬프트 레지스터로 구성된다. 그림에서 $P_R(x, y)$ 로 표시된 각각의 블록은 병렬로 들어오는 64개 ($d=0 \sim 63$)의 1 비트의 $P(x, y, d)$ 값을 저장하게 되고, 이 값은 클럭에 맞춰서 화살표 방향으로 쉬프트된다. 그림에서 각 행은 영상의 각 행에 대응하고, 각 열도 영상의 각 열에 대응한다. 따라서, 그림의 좌측에서 출력되는 값들은 영상의 하나의 열에 대한 $P(x, 0, d) \sim P(x, W_y-1, d)$ 값이 나오게 되는데, 각각의 변위 $d=0 \sim 63$ 에 대해서 64개의 0 혹은 1 값을 가지게 된다. P-버퍼에서는 이 값들을 다시 변위 d 에 대해서 정렬하여 각 변위에 대해 정합 창을 열 방향 길이인 $7 (=W_y)$ 개 크기의 벡터 $P_v(0) \sim P_v(63)$ 을 출력한다. P-버퍼는 쉬프트 레지스터를 사용하기 때문에 레지스터가 다 차는 처음 $I_x \times W_y$ 클럭 이후부터 원하는 출력이 나오게 되지만, 그 이후는 시간 지연 없이 연속해서 영상을 처리할 수 있게 된다. 여기서 출력된 $P_v(d)$ 는 $V(i)$ 의 연산을 위해서 다시 MPC-프로세서에 제공된다.

도 7b는 V-버퍼의 구조를 나타내고 있다. V-버퍼(300)는 MPC-프로세서(200)에 있는 S_r 개의 MPC-유닛(220)에서 계산된 $V(x, y, d)$ 값을 일시적으로 저장하는

데 사용된다. 그림에서 $V_R(i)$ 로 표시된 각각의 블록은 병렬로 들어오는 64 ($d=0\sim 63$)개의 3 비트 $V(x, y, d)$ 값을 저장하고, 클록에 맞춰서 화살표 방향의 다음 블록으로 쉬프트된다. V-버퍼(300)의 출력은 $0\sim 63$ 의 각각의 변위에 따라 $V_R(Wx)$, $V_R(0)$ 값이 되는데, 이는 정합 창이 수평 방향(x 방향)으로 움직이면서 MPC를 계산할 때 각각 더해지고 빼지는 값이 된다. V-버퍼도 $Ix-Wx$ 클록 만큼의 초기 시간 지연을 가지게 된다. V-버퍼의 출력은 MPC를 계산하는데 사용되기 위해서 MPC-유니트에 입력된다.

도 8a는 도 6의 MPC-프로세서(200)의 P-유니트(210)의 구조를 보여주고 있다. P-유니트(210)의 입력은 R, S 및 Th가 있는데 Th는 $P(x, y, d)$ 값을 계산하기 위한 문턱값이다. R과 S는 각각 기준이 되는 우 영상과 탐색에 사용되는 좌 영상의 화소값이 들어오는 부분이다. 그림에서는 화소값이 $0\sim 255(2^8)$ 인 영상을 가정하였기 때문에 R과 S가 8 비트씩 할당되어 있다. P-유니트(210)에서는 기준 영상 한 화소에 대해서 탐색 영상에서 탐색 범위(Sr)+1개 만큼의 화소를 받아 수학식 1에 주어진 $P(x, y, d)$ 를 계산한다. $D_P(d)$ 로 표시된 처리부(211)에서 기준 영상 한 화소와 탐색 영상에서 d만큼 떨어진 화소에 대해 $P(x, y, d)$ 값을 계산하여 준다.

도 8b는 D_P 유니트(211)의 자세한 논리 회로를 나타낸다. 그림의 좌측에 있는 덧셈기(Adder)(211-1)는 R에서 S값을 빼주는 역할을 하고, 우측에 있는 캐리 발생기(Carry Generator)(211-3)에서는 문턱값인 T에서 $R-S$ 의 절대값을 빼주어 그 때 캐리를 발생시키는 역할을 한다. 이 때 발생하는 캐리 D가 1이면 문턱값 T가 앞에서 나온 결과보다 더 크다는 것을 나타낸다. 참고로 가운데에 있는 XOR 게이트

(211-2)의 출력은 앞단에서의 결과가 양수일 경우 2의 보수(2's Complement)를 출력하고, 음수일 경우에는 이를 그대로 통과시키게 되어 그림의 우측단에서 빼기가 되게 한다. 이러한 $D_P(d)$ 유닛(211)은 (S_r+1) 개 만큼 존재하기 때문에 (S_r+1) 개의 $P(x, y, d)$ 값을 병렬로 계산할 수 있게 된다. P-유닛(210)에서 기준 영상은 한 화소씩 사용되고 버려지는 반면, 탐색 영상은 입력된 화소가 쉬프트되면서 (S_r+1) 번 만큼 계산에 사용된다. $D_R(d)$ 로 표시된 블록은 영상의 화소값을 담을 수 있는 레지스터이고, 클록에 따라 다음 D_R 블록으로 쉬프트된다. P-유닛도 쉬프트 레지스터를 사용하기 때문에 초기에 (S_r+1) 클록 만큼 시간 지연이 있지만, 그 다음부터는 연속적으로 동작하게 되어 있다.

도 9는 도 6의 MPC-프로세서(200)의 MPC-유닛(220) 구조를 보여주고 있다. MPC-유닛(220)는 기능상 수학식 6으로 표시된 $V(x, y, d)$ 를 계산해주는 V_MP 카운터(221) 및 V_MP 갱신부(222) 부분과, 수학식 5로 표시된 $MPC(x, y, d)$ 를 계산하는 W_MP 카운트 및 갱신부(223)로 나눌 수 있다. 이중에서 V_MP 카운터(211)는 계산 초기에 입력되는 P_v 값을 더해서 $V(x, y, d)$ 값을 얻는데 사용되고, V_MP 갱신부(222)는 초기 일정 시간이 지난 후 V-버퍼(300)로부터 V_i 가 입력되기 시작하면 중복 계산을 없애고 $V(x, y, d)$ 값을 얻는데 사용된다.

도 10은 MPC-유닛(220)의 자세한 논리 회로도를 나타낸다. V_MP 카운터(221)에서는 초기에 P-버퍼(100)로부터 들어오는 탐색창 높이 만큼의 P_v 값을 4개의 전가산기(221-1)로 더해서 2진수인 $V(x, y, d)$ 를 출력시킨다. 그리고, 이 값은 MUX A(225)를 통과하여 V-버퍼(300)로 출력된다. MUX A(225)의 C2 제어 입력은

V_MP 갱신부(222)의 출력이 유효해질 때까지 V_MP 카운터(221)의 출력을 선택하게 된다. V-버퍼(300)에 입력된 $V(x, y, d)$ 값은 I_x 클럭이 지난 다음부터 출력되어, MPC-유니트(220)의 V_i 에 입력된다. 그러면, V_MP 갱신부(222)에서는 $V(x, y, d)$ 를 중복 계산을 피해서 계산할 수 있게 $P_v(0)$ 와 $P_v(6)$ 의 상태에 따라 논리 게이트(222-1 및 222-2)를 사용하여 전가산기(222-3)에 1을 더하거나 빼게 된다. 그렇게 되면, MUX A(225)의 C2 제어 입력은 V_MP 갱신부(222)의 출력을 선택한다.

한편, V-버퍼(300)에서 MPC-유니트(220)으로 입력된 V_i , V_a 는 수학적 식 5에서와 같이 MPC 값을 계산하는데 사용된다. W_MP 카운트 및 갱신부(223)의 좌측에 있는 가산기(Adder)(223-1)에서는 $V_i - V_a$ 를 계산하고 이 값은 우측에 있는 가산기(223-2)에서 먼저 있던 MPC값에 더해져서 새로운 MPC를 계산하게 된다. MUX B(224)에서는 V-버퍼(300)에서 출력되는 V_i 가 유효한 값을 가질 때까지 0을 입력시키도록 선택해 준다.

도 11도는 도 6에 표시된 MPC-프로세서(200)의 Max_MPC 선택부(230) 구조를 나타낸다. Max_MPC 선택부(230)는 (S_r+1) 개의 MPC-유니트(220)에서 나온 각 변위에 대한 MPC값들을 비교하여 최대의 값을 선택하고, 그 때의 변위값을 출력하는 부분이다. Max_MPC 선택부(230) 구성의 기본을 이루고 있는 것은 C&A(n) 셀(231)로 이것은 입력을 비교하여 큰 값을 출력하고 그것의 위치를 만들어 주는 부분이다.

도 12도는 C&A(n) 셀(231)의 논리 회로를 나타내는 도면이다. C&A(n) 셀(231)에서 캐리 발생기(231-1)에서는 $1b$ 가 $1a$ 보다 작으면 0을, 아니면 1을 캐리로서 발생시켜서 우측 옆에 있는 MUX에서 큰 값을 선택하여 출력하도록 한다. 또한,

최대값의 위치 정보를 알아내기 위해서 캐리와 캐리 발생기 위쪽에 있는 MUX (231-2)들을 사용하게 되는데, C&A(n) 셀(231)의 구조는 n값에 따라서 사용되는 MUX의 개수가 바뀌게 된다. 그림에서 캐리 발생기 위쪽에 있는 MUX(231-2)의 개수가 n개가 됨을 알 수 있다. 이것은 입력으로 들어온 앞단의 위치 정보 Sa, Sb 중에서 원하는 것을 선택하기 위한 것이다. 이는 도 11에서도 볼 수 있는데 오른쪽으로 갈수록 C&A(n) 셀(231)에 입력되는 Sa, Sb의 비트수가 늘어나는 것을 볼 수 있다. 이렇게 해서 마지막 단에 나오는 MaxV와 DM(x, y)는 기준 영상의 화소 (x, y)에 대한 최대 MPC값과 그 때의 변위를 나타내게 된다.

【발명의 효과】

본 발명에 따르면 화소 간의 밝기값을 직접 이용하지 않고 정합창 내에서 밝기가 비슷한 화소의 개수를 사용함으로써 스테레오 비전 분야에서 널리 이용되는 영역 기반 스테레오 변위를 실시간으로 처리하는 것을 가능하게 하는 하드웨어 구조를 효율적으로 구현할 수 있게 된다. 또한, 버퍼를 사용하여 이전에 연산된 결과를 효과적으로 사용함으로써 많은 양의 중복 계산을 제거할 수 있어 전체 계산량을 줄일 수 있게 된다.

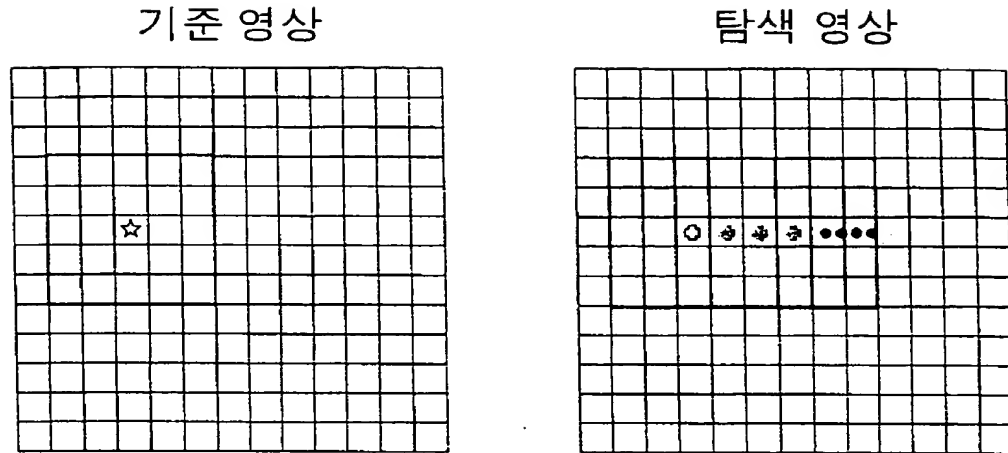
【특허청구범위】

【청구항 1】

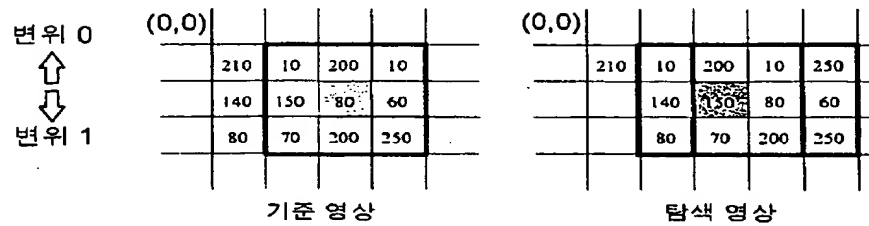
스테레오 정합시 유사도를 측정하는 방법에 있어서, 기준 영상의 한 점을 중심으로 하는 일정한 크기의 제1 정합창 및 상기 기준 영상의 한 점에 대하여 에피 폴라 구속 조건을 만족하는 탐색 영상의 다른 한 점을 중심으로 하고 상기 제1 정합창과 동일한 크기를 갖는 제2 정합창 각각의 전체 화소들에 대하여 서로 대응하는 위치에 있는 상기 제1 정합창의 화소와 상기 제2 정합창의 화소 간의 밝기값의 차이가 소정의 임계값 이하인 화소들의 수를 카운트하여 유사도를 측정하는 유사도 측정 방법.

【도면】

【도 1】

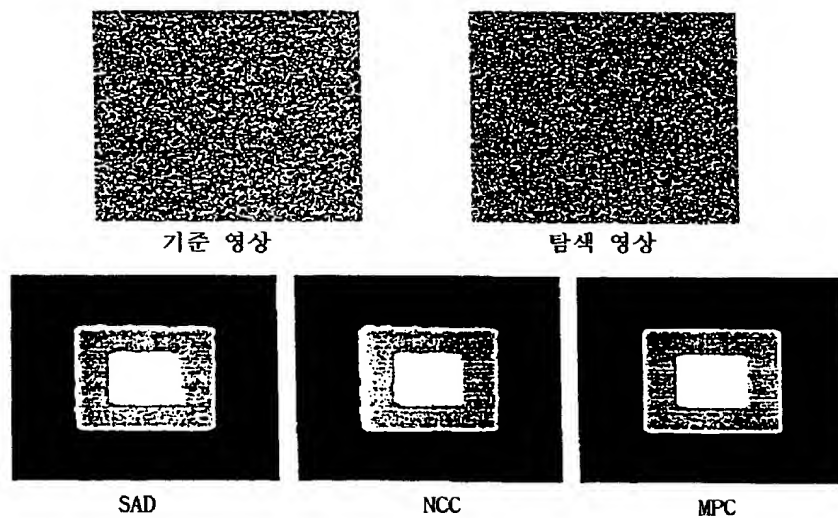


【도 2a】

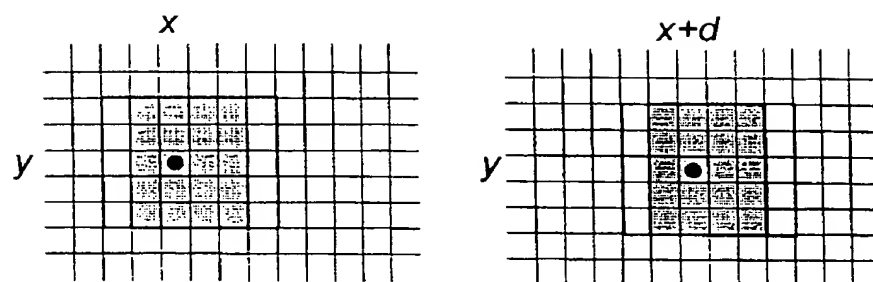


$W=3 \times 3$, 탐색 범위(Sr)=0~1, (3, 2)에서의 변위=1
 $SAD(3,2,0)=0+0+0+10+70+20+10+130+50=290$
 $SAD(3,2,1)=190+190+240+0+0+0+0+0+0=620$
 SAD 방법을 사용한 (3,2)에서의 변위 = 0 : false
 $MPC(3,2,0)=1+1+1+0+0+0+0+0+0=3$
 $MPC(3,2,1)=0+0+0+1+1+1+1+1+1=6$
 MPC 방법을 사용한 (3,2)에서의 변위 = 1 : correct

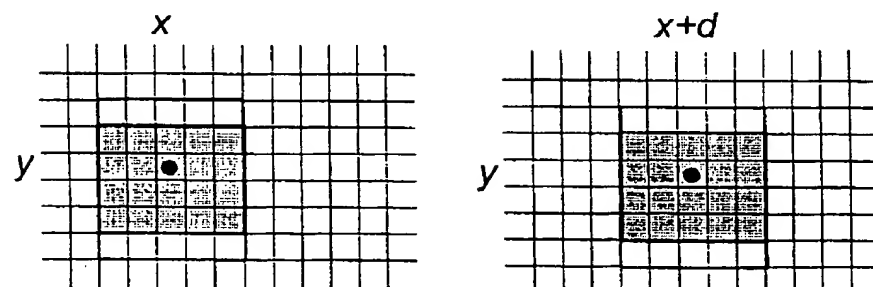
【도 2b】



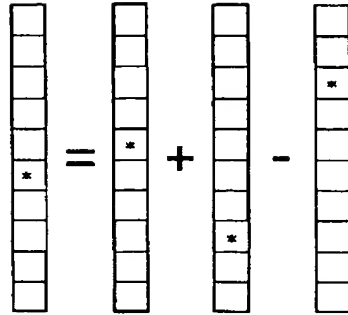
【도 3a】



【도 3b】

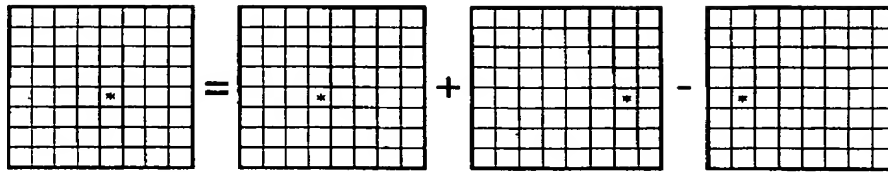


【도 4a】



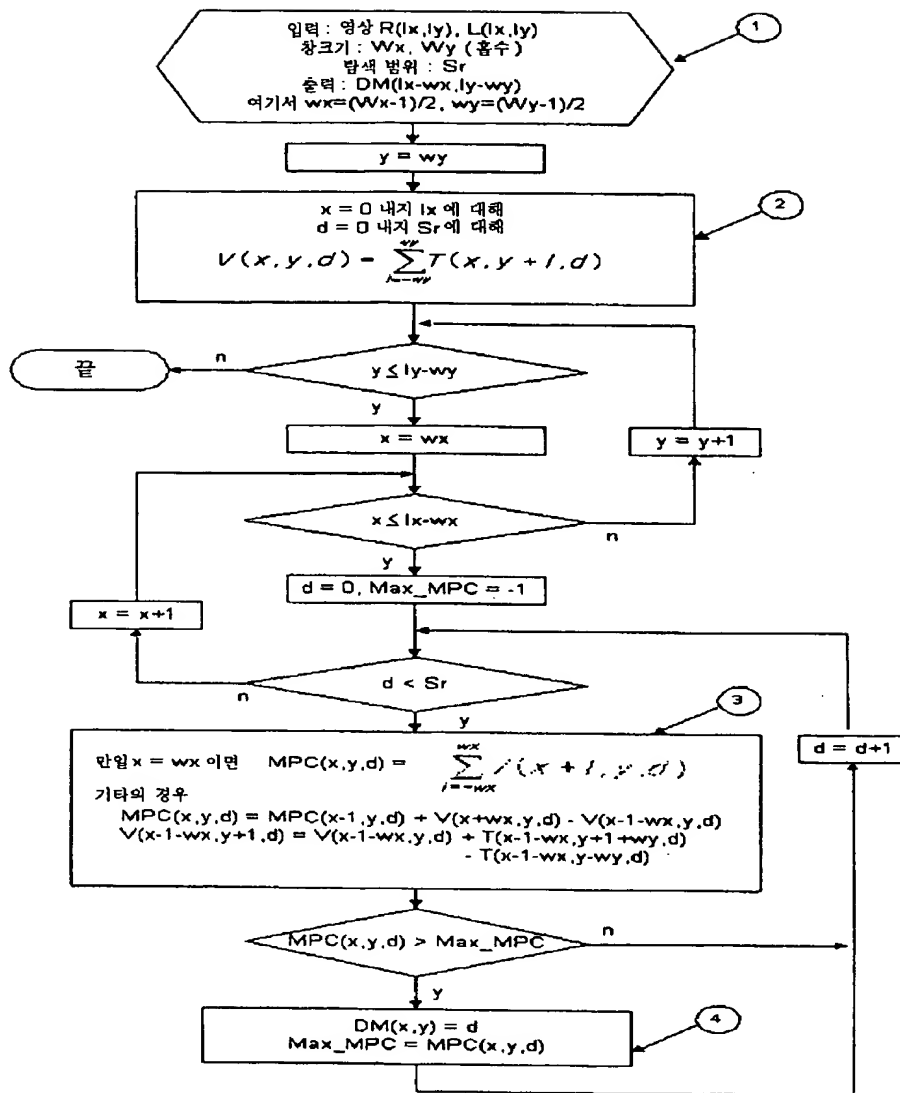
$$V(x, y, d) = V(x, y-1, d) + T(x, y+wy, d) - T(x, y-1-wy, d)$$

【도 4b】

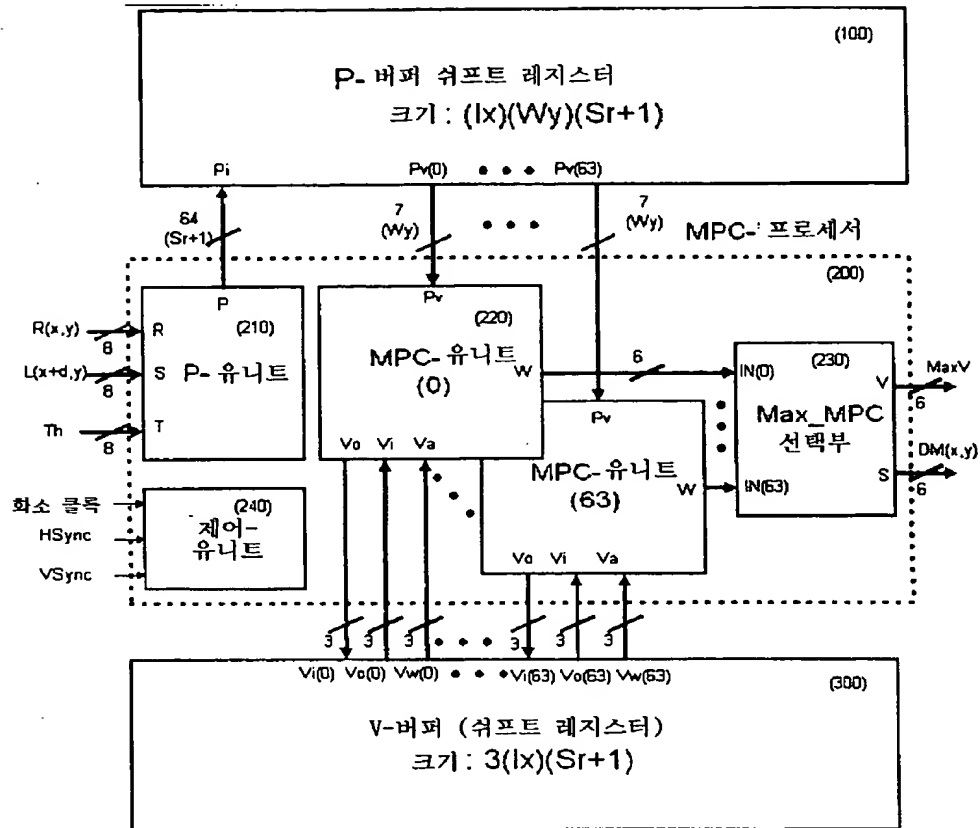


$$MPC(x, y, d) = MPC(x-1, y, d) + V(x+wx, y, d) - V(x-wx-1, y, d)$$

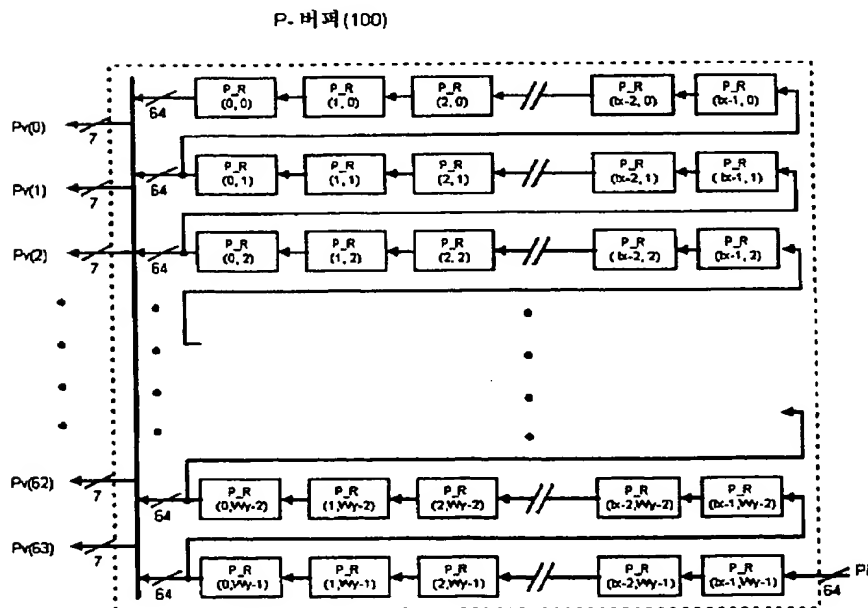
【도 5】



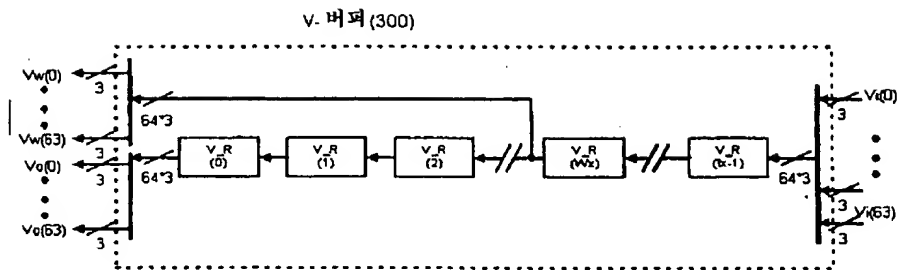
【도 6】



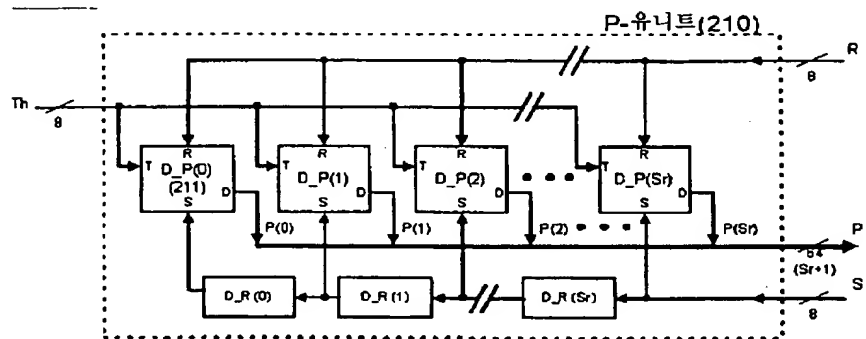
【도 7a】



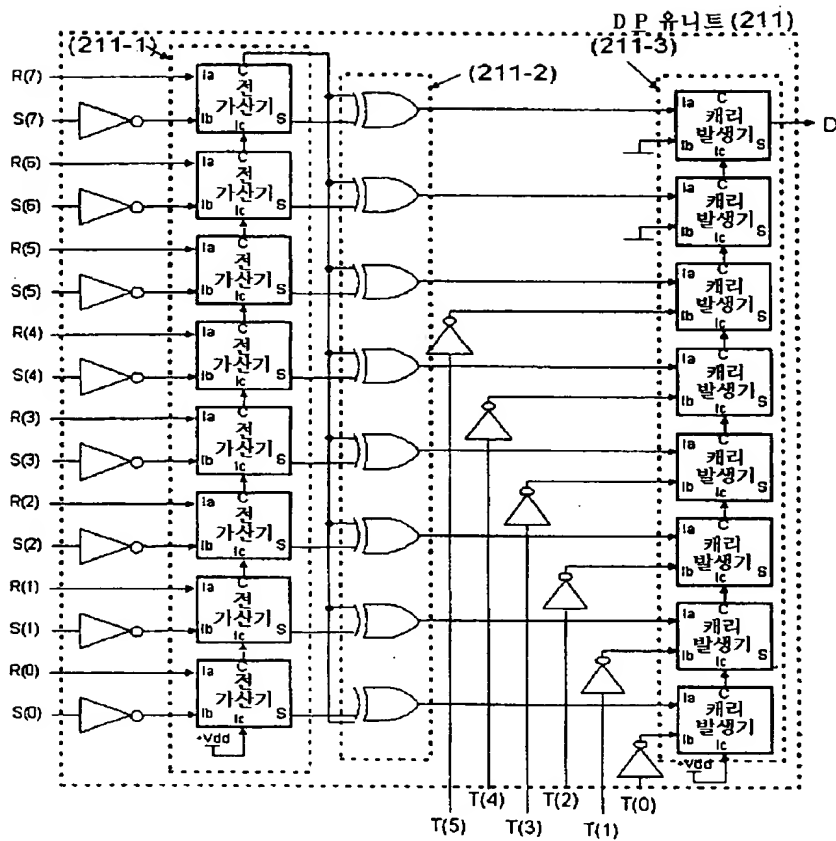
【도 7b】



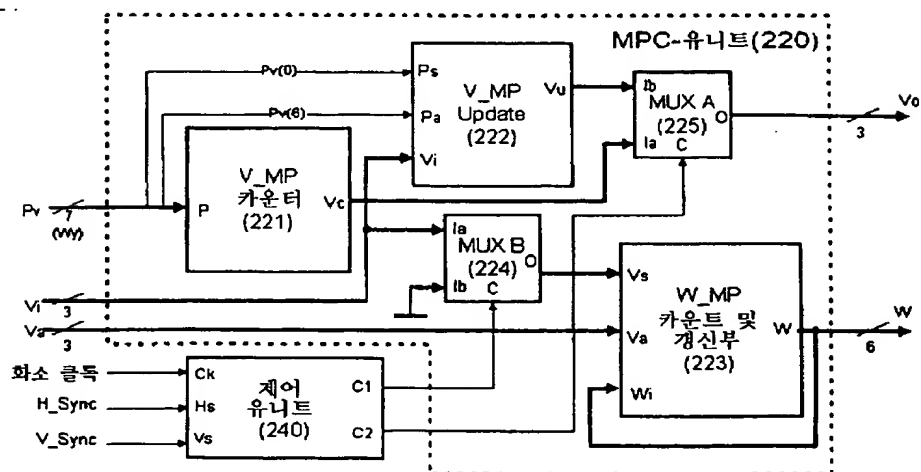
【도 8a】



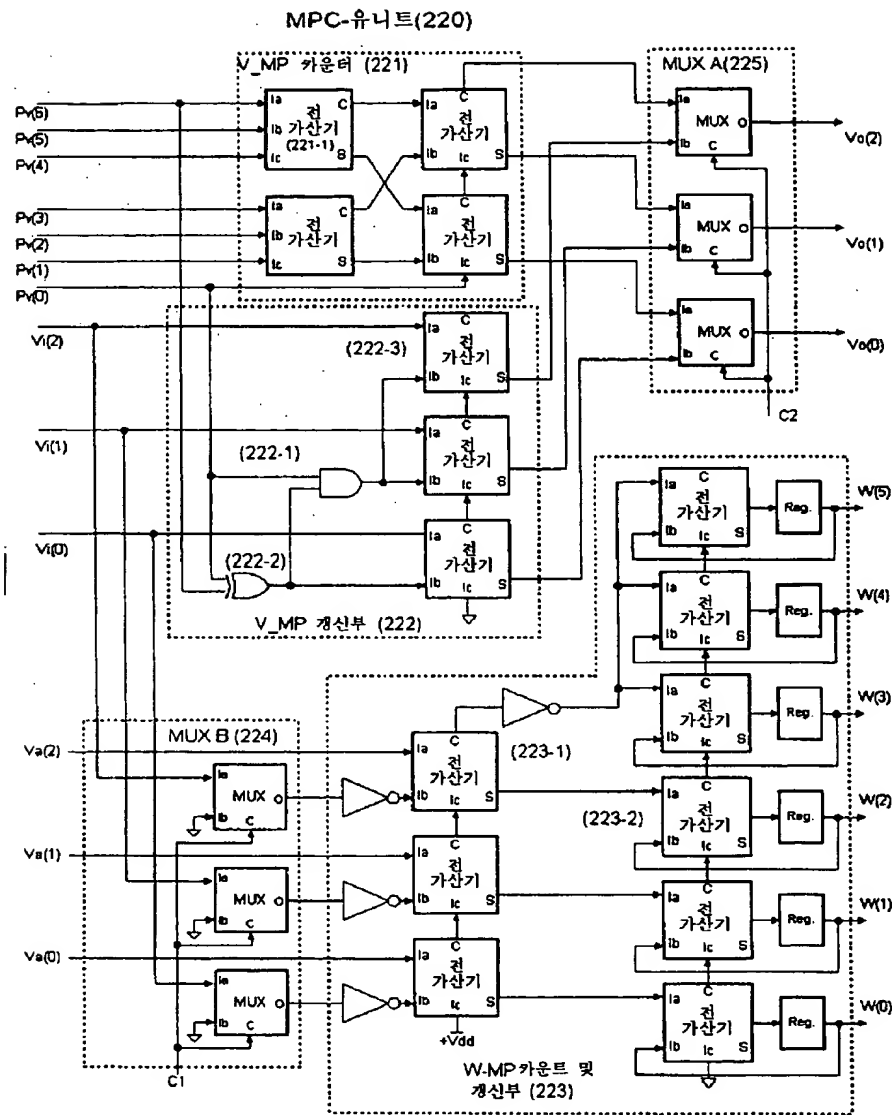
【도 8b】



【도 9】

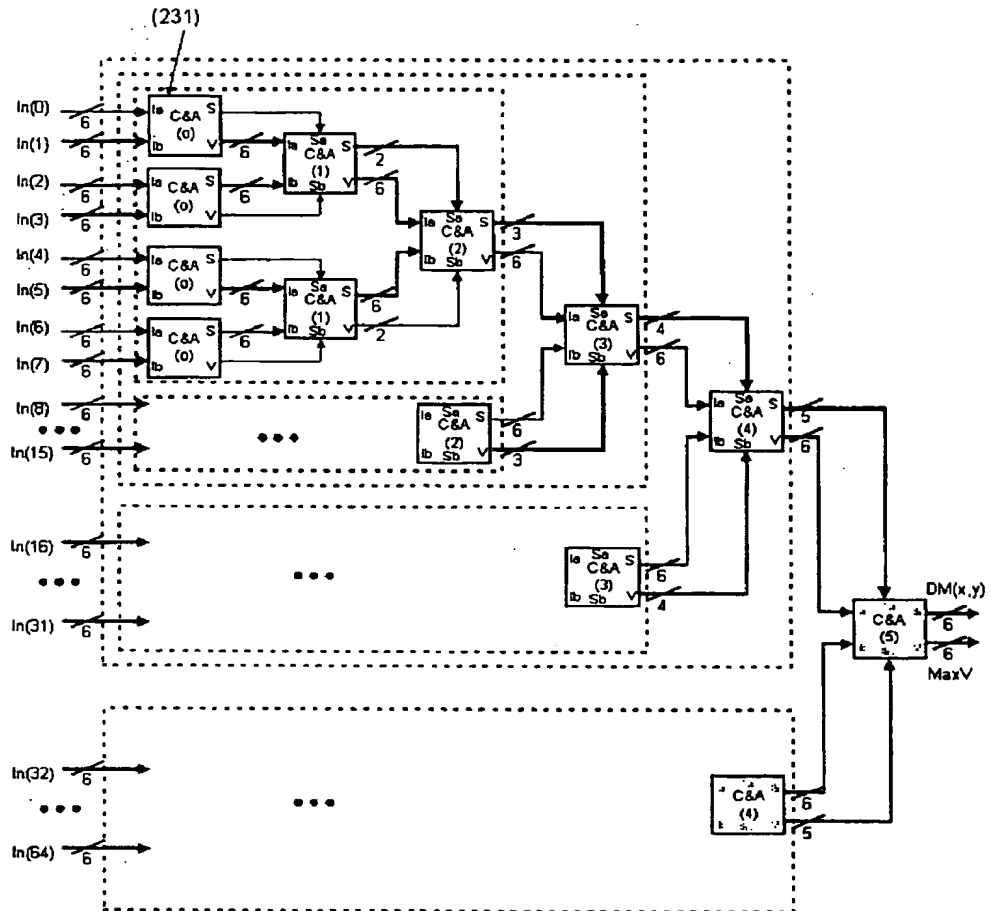


【도 10】

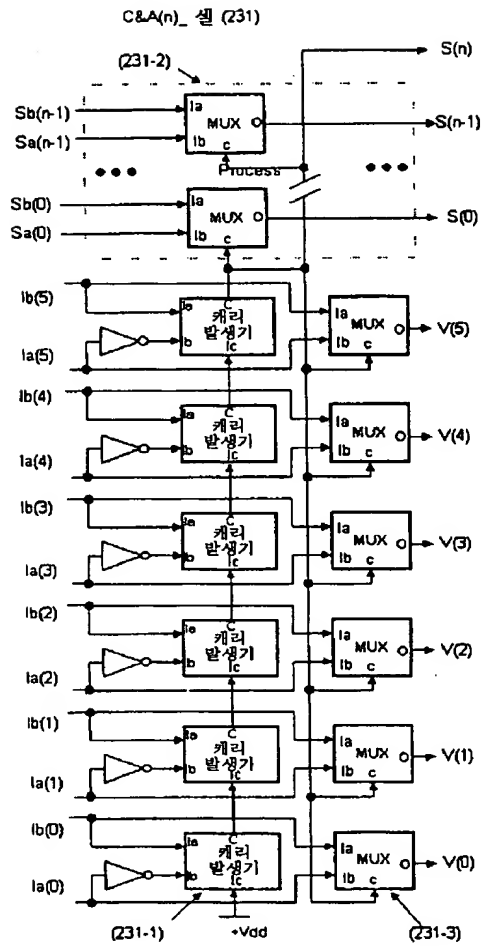


【도 11】

Max_MPC 선택부 (230)



【도 12】



This Page Blank (uspto)